

Origin of the Diffuse Near-Infrared Radiation Observed with COBE/DIRBE

その他のタイトル	COBE/DIRBEにより観測された近赤外線拡散放射の起源
学位授与年月日	2017-03-23
URL	http://doi.org/10.15083/00075605

論文の内容の要旨

Origin of the Diffuse Near-Infrared Radiation Observed with *COBE*/DIRBE (*COBE*/DIRBE により観測された 近赤外線拡散放射の起源)

氏 名 佐野 圭

宇宙から飛来する近赤外線における拡散光成分は、黄道光、銀河系内の星の積算光、銀河系内拡散光、銀河系外背景光を含む等方光から成ると考えられる (図 1 左参照)。このうち、銀河系内拡散光は星間ダストによる散乱光と熱放射を含むため、星間ダストの性質を制限するのに有用である。また、銀河系外背景光は宇宙初期から現在までに放出されたあらゆる光の積算であり、銀河形成史の指標になるとともに、銀河以外を起源とする放射を探索するうえでも重要な観測量である。

かつて *Cosmic Background Explorer* (*COBE*) 衛星に搭載された観測装置 *Diffuse Infrared Background Experiment* (*DIRBE*) によって得られた全天の拡散光マップを用いて、各拡散光成分の測定が試みられた。当時の研究の問題点に、星の積算光を実測値ではなくスターカウントのモデルで評価していたために、不定性が大きいということがあった。その結果、*COBE* / *DIRBE* チームの解析では近赤外線の銀河系内拡散光を検出できず、等方光成分の不定性も大きかった。その状況を打破するために、本学位論文では星の積算光の評価を改善し、近赤外線拡散光に関する *COBE* / *DIRBE* データの再解析を行った。

本研究では拡散光輝度のデータとして、*COBE* / *DIRBE* によって得られた近赤外線の 4 波長帯 (1.25、2.2、3.5、4.9 μm) での全天マップを用いた (第 2 章)。そのマップでは、観測方向と太陽方向のなす角 (太陽離角) が 90 度になる時の空の輝度が、高精度で得られている。第 3 章では、星の積算光の評価を改善するために *Two Micron All-Sky Survey* (2MASS) と *Wide-field Infrared Survey Explorer* (*WISE*) 衛星による全天の点源カタログを用いて、星の積算光輝度のマップを作成した。それを用いた結果、高銀緯領域において、*DIRBE* で観測された空の輝度を黄道光、星の積算光、銀河系内拡散光、等方光成分に分離することができた (図 1 右参照)。各放射成分の測定精度はこれまでになく、放射の起源を考察するに足るほど高いものであった。

本論文の概要

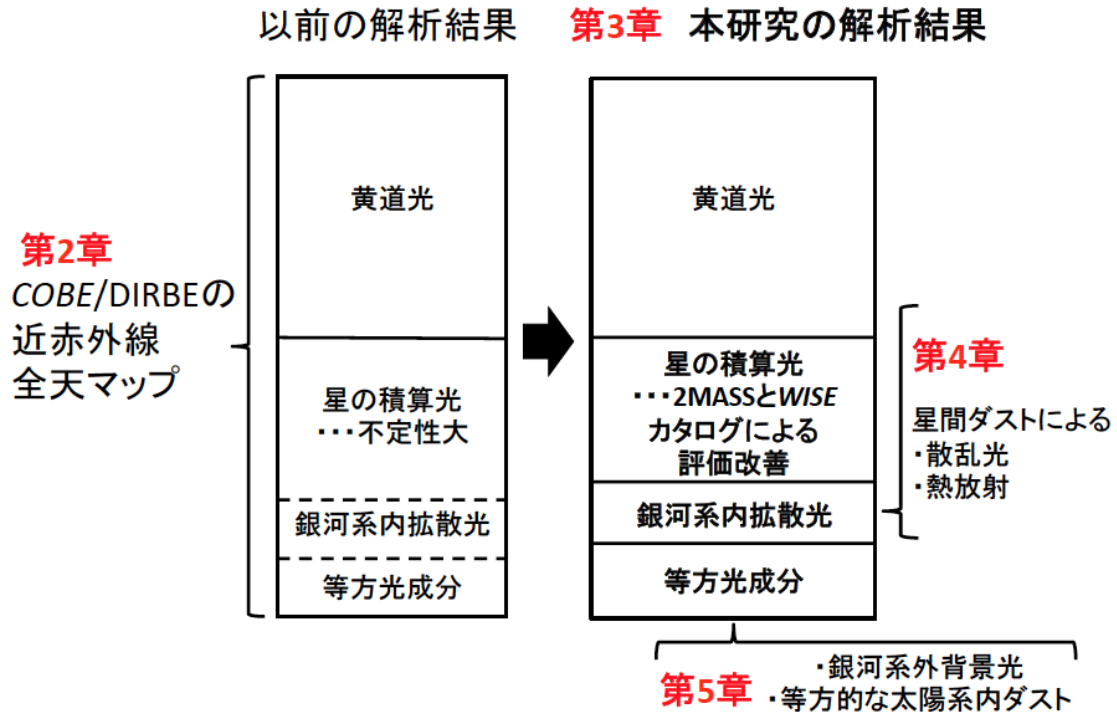


図 1: 本論文の概要と章立て

第 4 章では、本研究で得られた銀河系内拡散光の値と散乱光、熱放射のモデルを比較し、一般の星間空間における星間ダストの性質を議論した。本研究で得られた銀河系内拡散光の観測値と散乱光、熱放射モデルのスペクトルを図 2 に示す。まず、主に $3.5 \mu\text{m}$ に寄与する熱放射の輝度から非常に小さなダスト粒子と芳香族炭化水素の全ダストに対する質量比を約 2-8% と制限した。また、 $1.25 \mu\text{m}$ と $2.2 \mu\text{m}$ で観測される散乱光は従来のダストモデルよりも赤いスペクトルを持つことから、近赤外線におけるアルベドのスペクトルが赤いことが示唆される。このことから、粒径がサブミクロン～ミクロンサイズの大きなダスト粒子がより多く存在することが推察される。

さらに、 1.25 、 $2.2 \mu\text{m}$ では、銀河系内拡散光と遠赤外線 $100 \mu\text{m}$ ダスト放射の輝度比が低銀緯領域ほど大きくなることを発見した。この現象は星間ダストによる前方散乱特性から予言されていたが、かつての散乱光モデルで用いられた Henyey-Greenstein の位相関数（散乱角に対する配光分布）は、現行のダストモデルによる予測に合わないという問題があった。そこで、平行平板銀河を仮定し、現行のダストモデルを再現する位相関数を用いて散乱光の銀緯依存性を再計算した。その結果、新たなモデルでは以前のモデルより急な銀緯依存性が予言されたが、観測された銀緯依存性を説明するには至らなかった（図 3）。このことから、星間ダストは従来のダストモデルに比べて前方への散乱が強いことが示唆される。前方への散乱を強くするためには、大きなダスト粒子が必要となるが、そのような粒子の存在を仮定することは観測された赤い散乱光スペクトルとも整合する。

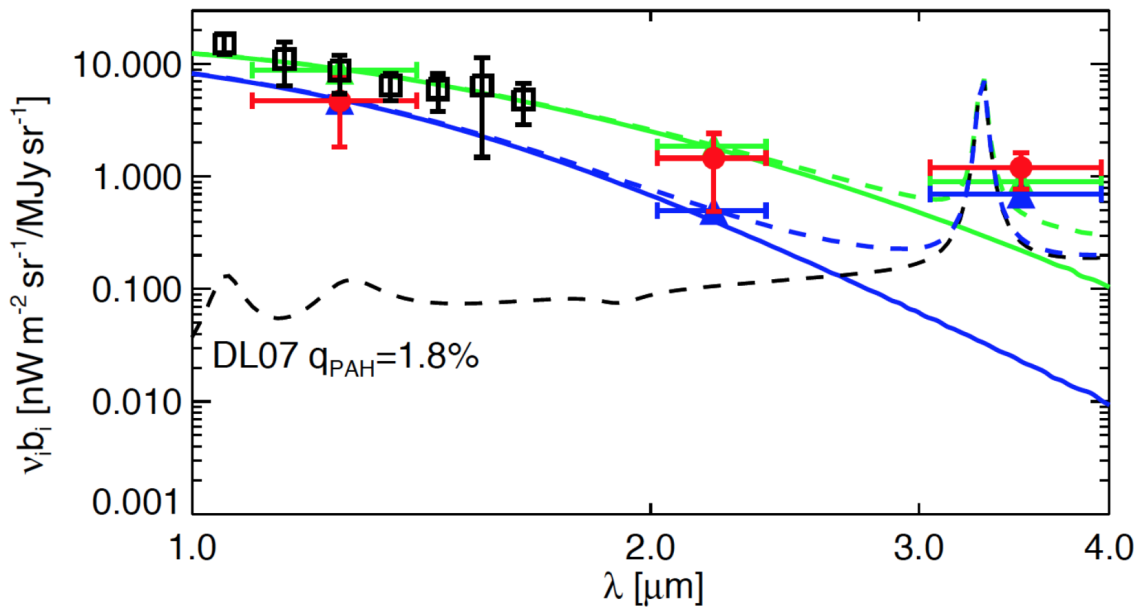


図 2：本研究で観測された $100\ \mu\text{m}$ 放射に対する銀河系内拡散光の輝度比（赤丸）と、散乱光モデル（緑、青実線）と熱放射モデル（黒破線）のスペクトル。散乱光スペクトルの計算に用いたダストモデルでは、ダスト粒子の典型的な粒径はそれぞれ $\sim 0.12\ \mu\text{m}$ （緑実線）、 $\sim 0.06\ \mu\text{m}$ （青実線）である。図に示す熱放射スペクトルでは、非常に小さいダスト粒子（粒径 $\sim 0.01\ \mu\text{m}$ 以下）と芳香族炭化水素の、全ダストに対する質量比は 1.8% である。本研究で得た値をモデルと比較すると、 $1.25\ \mu\text{m}$ と $2.2\ \mu\text{m}$ では散乱光成分、 $3.5\ \mu\text{m}$ では熱放射成分が卓越していることが分かる。

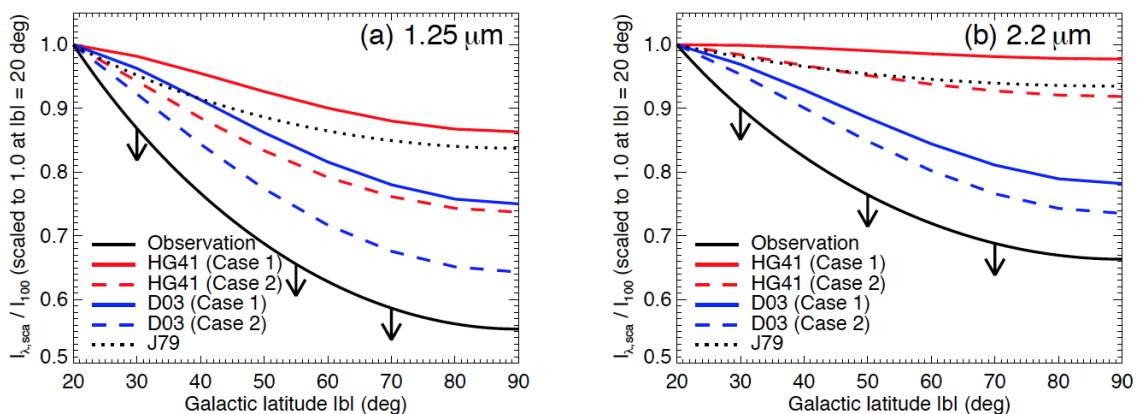


図 3： $1.25\ \mu\text{m}$ と $2.2\ \mu\text{m}$ における散乱光と $100\ \mu\text{m}$ 放射輝度比の銀緯依存性。黒実線が本研究で観測された値、黒点線がかつての理論予測、赤線が Henyey-Greenstein の位相関数を用いた場合の予測、青線が現在のダストモデルを再現する位相関数を用いた場合の予測である。実線は、星が銀河面に対して垂直方向に指数関数的に分布している場合、破線は星が銀河面のみ分布している場合の結果である。ダストモデルと星の分布を再現する散乱光モデル（青実線）では、本研究で観測された急な銀緯依存性を説明できていない。

第5章では、観測された等方光成分の起源について議論を行った。 $1.25\ \mu\text{m}$ と $2.2\ \mu\text{m}$ で得られた等方光成分は系外銀河の積算光の数倍も明るいいため、それ以外の未知の等方光成分が混入していることを示唆する。そのような成分として、初代星や銀河ハロー浮遊星が予言されているが、それらの成分だけで大きな等方光成分を説明するのは難しい。また、得られた等方光成分は、ブレーザーから放射される高エネルギーガンマ線の観測から得られる銀河系外背景光の輝度の上限値よりも明るいいため、等方光成分のすべてを銀河系外起源と考えるのは困難である。

超過成分を説明するために、従来の黄道光モデルでは考慮されていなかった、太陽を中心に分布する惑星間ダストを仮定し、そのダストによる散乱光のモデル計算を行った。その結果、地球軌道におけるダスト線密度の約5-10%の余剰なダストにより、超過成分を説明可能であることを示した(図4)。また、太陽離角が約90度に限定される地球軌道衛星による観測では、仮想的な散乱光成分は本研究で得られた等方光の測定誤差範囲内で等方的に見えることを示した。したがって、等方光成分が太陽系内に起源を持つか否かを確定するためには、様々な太陽離角における拡散光観測が有効であると考えられる。将来的には地球軌道を脱出し、深宇宙からの観測が望まれる。

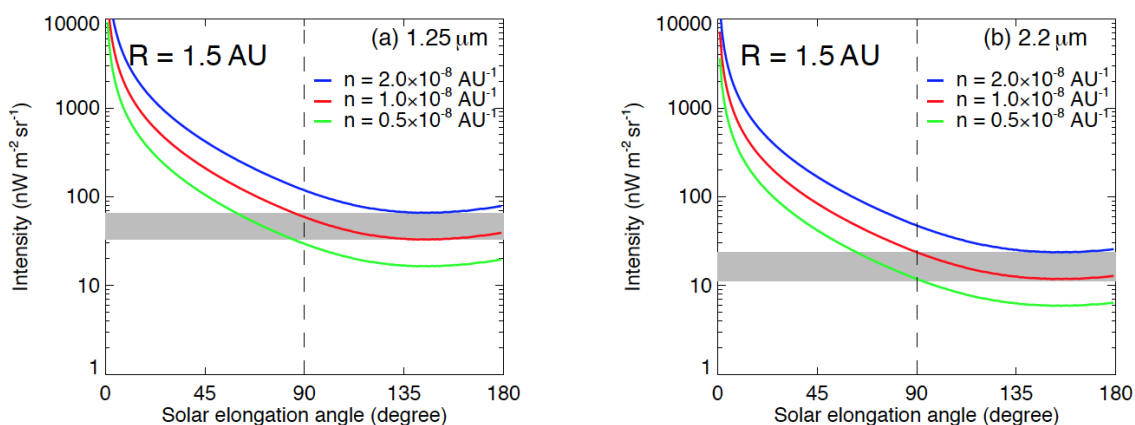


図4：太陽を中心に分布する仮想的な惑星間ダストによる散乱光輝度の太陽離角依存性(実線)。色の違いはダスト線密度の違いを表す。灰色部は本研究で得られた等方光成分から系外銀河の積算光を差し引いた値(超過成分)を表す。散乱光の計算では、ダスト線密度が太陽からの距離に依存しない状況を仮定した。太陽離角が約90度以上の領域では、仮想的な散乱光が等方的に観測され、銀河系外背景光との判別が難しくなることが予想される。